

Ali Amin

1960



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554419_0098

GONADENDOSIS
BEI RÖNTGENTIEFENTHERAPIE
GONADENFERN LOKALISierter GESCHWÜLSTE
DES MANNES

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz

vorgelegt von

ALI AMIN

aus Arak/Iran

1960



Dekan: Prof. Dr. Leicher
Referent: Priv. Doz. Dr. Lorenz
Korreferent: Prof. Dr. Lossen
Tag der mündlichen Prüfung: 15. 6. 1960

Datum des Diploms

15. JUNI 1960

Das gesunde Erbgut ist der kostbarste Besitz der Menschheit. Es muß vor jeglicher Schädigung geschützt werden.

Die Strahlen-genetik hat seit MULLER (1927) bewiesen, daß energiereiche Strahlen in der Lage sind, erbtragende Zellstrukturen im Sinne von Gen- oder Chromosomen-Mutationen bleibend zu verändern. Für die Zahl solcher Mutationen ist die Summe der bis zur Befruchtung auf die betreffende Keimzelle gelangenden Strahlendosis verantwortlich.

Nachdem auch an Mäusen, Ratten und Meerschweinchen die zunächst an der Taufliede gefundenen strahlen-genetischen Regeln bestätigt wurden (RUSSELL (16), CARTER (1)), kann kein Zweifel darüber bestehen, daß diese Regeln grundsätzlich auch beim Menschen ihre Gültigkeit haben, auch wenn uns hier umfängliche Erfahrungen noch fehlen.

Sie lassen sich beim Menschen auch erst in einigen Generationen erwarten, da die durch energiereiche Strahlen ausgelösten Gen-Mutationen überwiegend rezessiv vererbbar sind, während strahlenbedingte Chromosomen-Mutationen meist Letalmutationen sind.

Für die Folge-generationen eines Strahlenexponierten wird nur diejenige Strahlenmenge genetisch wirksam, welche als "Gonadendosis" in den Keimzellen absorbiert wird. Um der medizinischen Anwendung energiereicher Strahlen vorwiegend in der Röntgendiagnostik und der Strahlentherapie bösartiger Erkrankungen einen Richtwert zu geben, welcher von der Strahlen-genetik als Höchstgrenze einer mittleren Gonadenbelastung der Gesamtbevölkerung anzusehen ist, wurde der Begriff der sogenannten "Mutationsverdoppelungsdosis" geprägt. Hierunter versteht man jene Gonadendosis, welche die Zahl der spontan zu erwartenden Mutationen verdoppelt. Die Angaben über eine solche Mutationsverdoppelungsdosis differieren in der Literatur erheblich und liegen zwischen 3 und 150 r (WESTERGAARD (21), NEEL (13), MARQUARDT (12), SCHULL (17)); FRITZ-NIGGLI (2) nimmt sie mit 40 r an.

Wesentlicher als ein solcher Richtwert, welcher, biologisch betrachtet, einen Kompromiß darstellt, ist die generelle Forderung, die bereits 1933 von der Deutschen Röntgengesellschaft gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft aufgestellt wurde, "sowohl bei therapeutischen als auch bei diagnostischen Bestrahlungen die Gonadendosis so klein wie möglich zu halten".

In weiten Kreisen der Bevölkerung ist über die Möglichkeiten einer Erbschädi-

gung durch medizinische Strahlen-Applikationen eine erhebliche Unruhe eingetreten, welcher man nur durch eine exakte Bestimmung der für ein etwaiges Risiko entscheidenden Gonadendosis begegnen kann. Hierbei steht im Vordergrund eine Messung der Gonadendosis im Rahmen der Röntgendiagnostik. Aber auch für die Strahlentherapie ist die Frage der hierbei zu erwartenden Gonadendosis sehr bedeutungsvoll. Obgleich der Personenkreis gegenüber der Gesamtbevölkerung nur klein ist, ist die für den einzelnen strahlenbehandelten Patienten anzusetzende Gonadendosis sehr schwerwiegend, da die in der Strahlentherapie bei bösartigen Erkrankungen benötigten Strahledosen um etwa den Faktor 1000 höher liegen als die in der Röntgendiagnostik gebräuchlichen Strahlenmengen.

Die als Gonadendosis in den Keimzellen absorbierte Strahlenenergie, welche über Ionisationen und Oxydationen die Molekülstruktur des Gens verändert, kann einmal als direkte Strahlung an die Keimdrüsen gelangen, wenn diese in den Bereich des "Nutzstrahlenkegels" kommen. Auf der anderen Seite aber kann die Strahlung auch indirekt als Sekundär- oder Tertiärstrahlung an die Gonaden gelangen.

Die zuletzt genannte "Streustrahlung" resultiert einmal als "innere Streustrahlung" aus der von der durchstrahlten Körperregion abgelenkten Primärstrahlung, andererseits aus der "äußeren Streustrahlung", welche, aus der Umgebung des Strahlenexponierten stammend, von außen an die Gonaden gelangt.

Kommen die Keimdrüsen in den Bereich des Nutzstrahlenkegels, so sind die bei der Strahlentherapie bösartiger Geschwülste benötigten Strahledosen in der Regel so hoch, daß es zu einer völligen Ausschaltung der Keimdrüsen im Sinne einer Kastration kommt, bei der Frau nach einer Ovarialherddosis von etwa 300 r, beim Mann nach einer Testesherddosis von etwa 1000 r. Unsere Betrachtung zielt dagegen auf den Kreis jener Krebskranken hin, bei welchen unsere Strahlenbehandlung im Sinne einer Röntgentiefentherapie auf gonadenfern liegende Körperregionen gerichtet ist.

Im einzelnen sollen unsere Messungen zunächst die Größenordnung der bei diesen Krebskranken zu erwartenden unbeabsichtigten Gonadendosis bestimmen, darüber hinaus aber sollen Möglichkeiten gesucht werden, diese unbeabsichtigte, genetisch möglicherweise gefährliche Keimdrüsenbelastung zu reduzieren.

In der Literatur liegen zu diesem Problem bisher nur wenige Angaben vor. Bei der Hämangiombehandlung mit Radium oder der Therapie maligner Tumoren mit anderen Gammastrahlern (Tab. 1 + 2) fand LÖSSL (11) bei männlichen

und weiblichen Säuglingen Gonadendosen, welche mit einigen "Röntgen" (r) keineswegs zu vernachlässigen sind.

Radiumbehandlung von Hämangiomen bei Säuglingen

Menge	Zeit	Lokalisation	Abstand	Dosis an den Gonaden	
				♀	♂
50 mg	30'	Sternum	20 cm		0,6 r
50 mg	30'	Mastoid	30 cm		0,13 r
70+20 mg	30'	Unterarm			0,6 r
110 mg	30'	Unterarm		1 r	

Tabelle 1

Relativ hohe Gonadendosis bei der Hämangiombehandlung von Säuglingen mit Radium. (Aus: H. J. LÖSSL, Strahlentherapie 103 (1957), 614)

Radio-Isotopenanwendung

Isotop	Dosisleistung	Lokalisation	Zeit	Dosis an den Gonaden		Bem.
				♀	♂	
Ta ¹⁸²	2 x 50 r/h	Unterlippe	140 h		1,05 r	
Ta ¹⁸²	2 x 40 r/h	Zunge	200 h	4 r		
Co ⁶⁰	300 r/h	Tonsille	13 h		4 r	
Co ⁶⁰	145 r/h	Handgelenk	3 1/2 h	2 r		i. Sitzen
Co ⁶⁰	200 r/h	Auge	20 h	3 r		
Co ⁶⁰	115 r/h	Hals lateral	4 1/2 h	0,3 r 0,13 r		i. Sitzen i. Liegen
Co ⁶⁰	290 r/h	Gaumen	17 1/2 h		5,2 r	
Co ⁶⁰	220 r/h	Thoraxwand	6 h	0,84 r		i. Liegen
Co ⁶⁰	140 r/h	Sternum	4 h	0,9 r		i. Sitzen
Ra	5 x 10 mg	Tonsille	12 1/2 h		1,25 r	

Tabelle 2

Gonadendosis bei perkutaner Gamma-Strahlentherapie maligner Tumoren. Relativ hohe Gonadendosis bei Bestrahlung im Sitzen. (Aus: H. J. LÖSSL, Strahlentherapie 103 (1957), 614)

Da hierbei eine sehr durchdringungsfähige Gammastrahlung Verwendung fand, ist eine Abschirmung der Gonadenregion mit Blei wenig wirkungsvoll. Zur Senkung der Gonadendosis bleibt hier lediglich der Ausweg, in der Hämangiombehandlung eine weniger durchdringungsfähige Strahlung (Betastrahlung, Röntgennachbestrahlung) zu verwenden.

Für die Röntgentiefentherapie hat HELLRIEGEL (5) versucht, Anhaltspunkte für die zu erwartenden Gonadendosen zu bekommen durch Messungen an einem Paraffin-Phantom. Aus seiner Meßreihe sei nebenstehende Abbildung (Abb. 1) zitiert. Aus ihr ist zu erkennen, daß die Gonadendosis mit zunehmender Entfernung vom Nutzstrahlenkegel abnimmt. Bei einer Vergrößerung des Bestrahlungsfeldes fand HELLRIEGEL deutlich höhere Werte. Die nach diesen Messungen für eine übliche Röntgennachbestrahlung eines operierten Mamma-Carcinoms abgeschätzte Ovarialdosis von 18 r fällt bereits in die Größenordnung der Mutationsverdoppelungsdosis.

Wie HELLRIEGEL so fand auch FUCHS (3) bei Messungen an Kranken, die unter Röntgentiefentherapiebedingungen (170 kV, 0,5 mm Cu-Filterung) bestrahlt wurden, eine deutliche Abhängigkeit der Menge der äußeren Streustrahlung vom Abstand zum Nutzstrahlenkegel:

5 cm vom Rand eines 20 x 20 cm großen Bestrahlungsfeldes fand er 5,2% der im Feldmittelpunkt wirksamen Dosis, 10 cm vom Feldrand entfernt 2,8%, in 20 cm Abstand noch 1% und in 40 cm Abstand noch 0,1%.

Die von HELLRIEGEL am Phantom und von FUCHS am Patienten gefundene Abhängigkeit der Streustrahlenintensität vom Abstand zwischen Meßpunkt und Nutzstrahlenkegel entspricht der nach dem Quadratabstandsgesetz zu erwartenden Beziehung. Daneben aber ist ebenfalls unter dem Aspekt des Quadratabstandsgesetzes die Tatsache zu beachten, daß nicht nur der Abstand zwischen Gonaden und Nutzstrahlenkegel für die Gonadendosis bedeutungsvoll ist, sondern auch der Abstand zwischen Gonaden und der Röhre selbst.

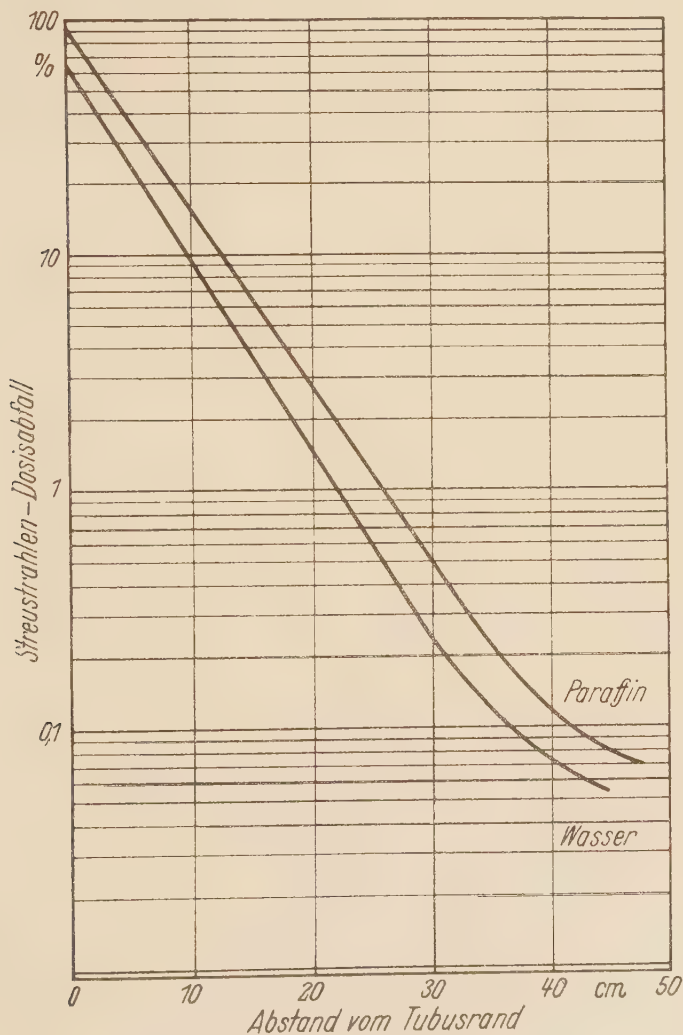
Es wird vielfach nicht genügend beachtet, daß die mitunter als "Vollschutzhäube" bezeichnete Abschirmung der Röhre keineswegs einen völligen Strahlenschutz bietet. Ein Röhrenschutzgehäuse entspricht den Vorschriften des Fachnormenausschusses Radiologie im Deutschen Normenausschuß DIN 6811 vom Juli 1959 bereits dann, "wenn in 1 m Abstand vom Brennfleck außerhalb des Nutzstrahlenkegels bei Röntgentherapie mit Nennspannungen von mehr als 150 kV 1000 Milliröntgen pro Stunde nirgends überschritten werden".

Eine solche Dosisleistung aber von 1000 Milliröntgen pro Stunde stellt, bezogen

Abbildung 1

Streustrahlendosis-Abfall in Beziehung zum Abstand vom Tubus in cm. Gonadendosis wird kleiner bei zunehmendem Abstand des Tubus zur Gonadenregion.

(Aus: W. HELLRIEGEL, Strahlentherapie 100 (1956), 153.)



Streustrahlenabfall in Paraffin und Wasser als Mittelwerte aus 3 thorakalen Feldern von 10×24 cm Größe und 2 Ergänzungsfeldern von 8×10 cm Größe.

auf die Strahlengenetik, bereits eine nicht zu vernachlässigende Gonadenbelastung dar. So zeigen denn auch die von LORENZ (9) angestellten Messungen bei Röntgentiefentherapie-Patienten, welche in sitzender Stellung bestrahlt wurden und bei welchen somit der Abstand zwischen Gonaden und Röhrenhaube gegenüber einer Bestrahlung im Liegen stark verringert war, einen steilen Anstieg der Gonadenbelastung (s. Tab.3).

♂-Gonadendosis bei Röntgentiefentherapie der oberen Extremität im Sitzen auf 100 r OD (Abstand: Tubusrand - Genitale = 65 cm)

Feldgröße	ohne Schürze	mit 0,2 mm Pb-Gummischürze	mit 0,5 mm Pb-Gummischürze
6 x 8 cm	49 mr	27 mr	16 mr
8 x 10 cm	59 mr	38 mr	22 mr
10 x 15 cm	104 mr	43 mr	28 mr

Tabelle 3

Abhängigkeit der Gonadendosis eines sitzend röntgenbehandelten Patienten von der Größe des Bestrahlungsfeldes, Möglichkeit der Dosisminderung durch Bleigummischürzen. (Aus: W. LORENZ, Fortschr. Röntgenstr. 88 (1958), 251)

Unsere Messungen der Gonadendosis wurden bei insgesamt 603 Männern erhoben, die wegen bösartiger Tumoren bei uns einer Stehfeldbestrahlung unter Röntgentiefentherapiebedingungen unterzogen wurden.

Die Bestrahlungsdaten lauteten: Spannung 250 kV, Röhrenstrom 15 mA, Zusatzfilter 0,5 mm Cu, die Halbwertschicht betrug 1,6 mm Cu.

Als Röntgenwert wurden in 50 cm Abstand frei Luft (ohne Rückstreuung) 97 r pro Minute gemessen, entsprechend einer Dosisleistung in 40 cm Abstand von 141 r, deren eigene Messung mit dem Tabellenwerk von GREBE und WIEBE übereinstimmt.

Gemessen wurde mit einem Kondiometer und Kondensatorkammern (Zylinderkammern) der Firma PTW, Freiburg.

Die Zylinderkammern wurden unter Bedingungen der Röntgentiefentherapie (250 kV, 15 mA) aufgeladen und mit dem Meßwert der Schlauchkammer der PTW, Freiburg, abgestimmt.

Die Aufladungsdosis beträgt 120 bzw. 130 mr. Dabei ergab sich für die Zy-

linderkammern ein Eichwert von: 1 Skalenteil = 5 mr. Bei Aufladung der Kammern in Stellung 1 ergibt sich ein Kammerfaktor von 1,5. Das Meßinstrumentarium wurde uns von der Deutschen Forschungsgemeinschaft freundlicherweise auf Veranlassung von Herrn Prof. R. JAEGER zur Verfügung gestellt, welcher auch in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig selbst die Eichung der Meßkammern vorgenommen hatte. Das Kondiometer und verschiedene der von uns benutzten Kondensatorkammern sind in Abbildung 2 zu erkennen.

Zur Messung wurden bei jedem Patienten für die Dauer einer Röntgenbestrahlung 2 Meßkammern in einem kleinen Plastikbeutel dicht an die Testes gelegt.

Unmittelbar nach der Tumorbestrahlung mit 100 - 200 r Oberflächendosis wurden die beiden Kammern gemessen und ihr Mittelwert in unserem Meßprotokoll festgehalten.

Die zu bestrahlenden malignen Tumoren lagen im Bereich des Kopfes, des Halses und des Thorax. Hierbei wurde jeweils beim liegenden Patienten gemessen. Dieser Gruppe wurde eine Reihe von Kranken gegenübergestellt, bei welchen uns der Tumorbefall dazu zwang, die Patienten im Sitzen zu bestrahlen, wobei zwangsläufig die Röhrenhaube in die Nähe der Gonadenregion kam.

In der tabellarischen Zusammenstellung unserer Meßergebnisse sind die einzelnen Patientengruppen stichwortartig benannt mit:

1. Thorax im Liegen
2. Hals im Liegen
3. Kopf im Liegen
4. Submandibularregion im Sitzen.

Ad 1)

Bestrahlungsregion Position des Patienten Größe des Bestrahlungsfeldes	Abstand: Nutzstrahlenkegel - Gonaden	Abstand:	
		Röhrenhaube -Gonaden 30-50 cm	51-70 cm
Thorax Im Liegen 8 x 10 cm	30 - 50 cm	19,3 /12	14,05 /10
	51 - 70 cm	12,6 /10	10,3 /27

Tabelle 4

Gonadendosis pro 100 r Oberflächendosis: Mittelwerte in Milliröntgen aus der hinter dem Schrägstrich genannten Zahl der Patienten bei Thoraxbestrahlung. Abhängigkeit 1. vom Gonaden-Nutzstrahlenkegel-Abstand, 2. vom Gonaden-Röhrenhauben-Abstand beim liegend bestrahlten Patienten.

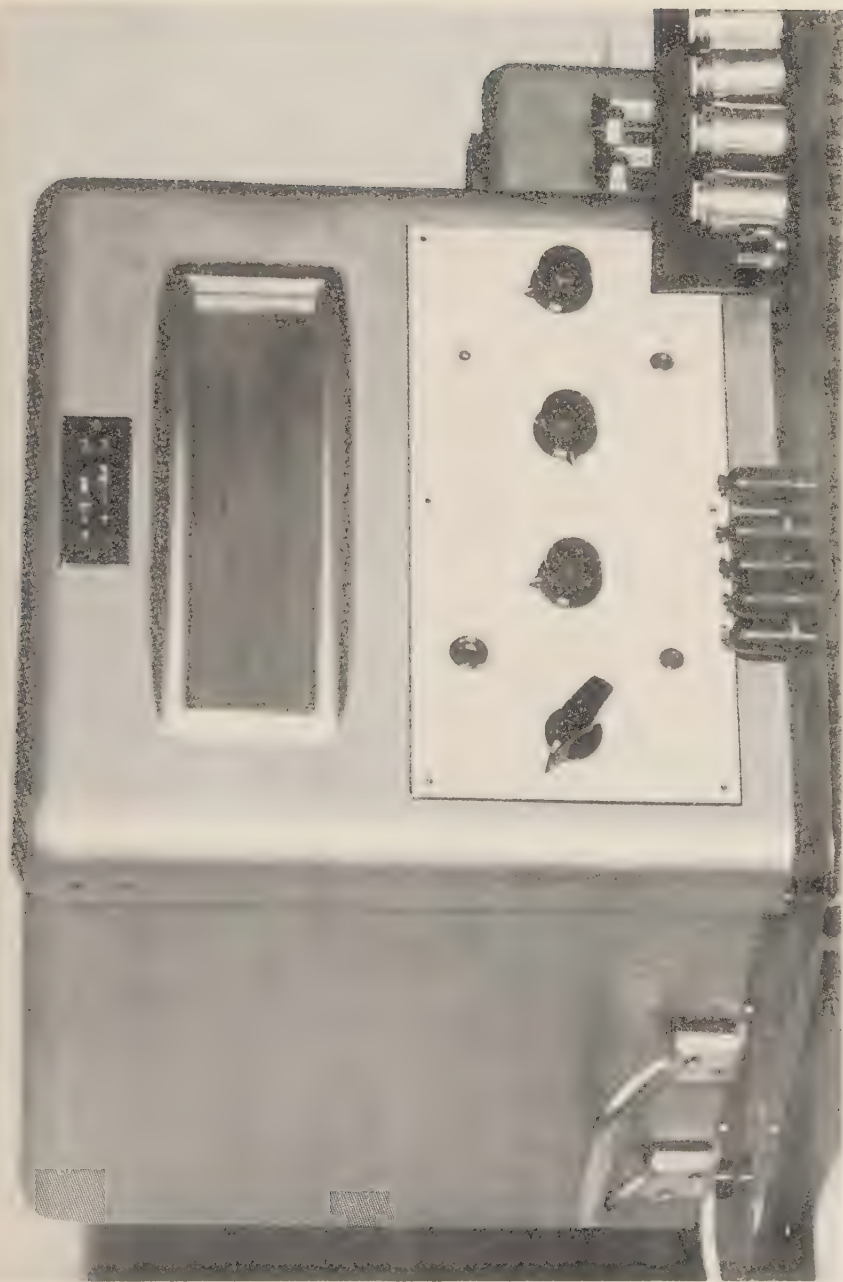


Abbildung 2. Das von uns verwendete Kondiometer mit Kondensatorkammern verschiedener Meßbereiche.

Während einer Thoraxbestrahlung haben wir bei insgesamt 66 Männern die Gonadendosis gemessen. Der Durchschnittswert ihrer Gonadendosis beträgt hier 16,5 mr pro 100 r Oberflächendosis (OD), woraus sich bei der Tumortherapieserie pro Feld von 4000 r OD eine Gonadendosis von 660 mr ergibt.

In der Tabelle 4 sind die von uns gefundenen Gonadendosen in Abhängigkeit vom Abstand der Gonaden zum Primärstrahlenkegel und zur Röhrenhaube gegenübergestellt.

Die Auswertung der gefundenen Ergebnisse zeigt die zu erwartende Abnahme der Gonadendosis mit zunehmendem Abstand zum Nutzstrahlenkegel. Darüber hinaus zeigt sich aber, daß auch der Abstand von den Gonaden zur Röhrenhaube als wesentlicher Faktor ins Gewicht fällt und ebenso zu berücksichtigen ist, wie der üblicherweise fast ausschließlich beachtete Abstand zum Nutzstrahlenkegel.

Ad 2)

Bei den Patienten, die wegen maligner Tumoren im Bereich des Halses im Liegen bestrahlt wurden, haben wir bei insgesamt 311 Kranken Gonadendosismessungen durchgeführt. Wir haben hier einen Durchschnittswert von 11,75 mr pro 100 r OD erhalten, woraus sich eine Gonadendosis von 469,6 mr bei einer Tumortherapieserie von 4000 r OD ergibt.

Wie aus den Tabellen 5 und 6 ersichtlich ist, bestätigen diese Messungen die bei den thoraxbestrahlten Patienten erhobenen Befunde einer Abnahme der Gonadendosis einerseits bei zunehmender Entfernung der Gonaden vom Nutzstrahlenkegel und andererseits bei größer werdendem Abstand zur Röhrenhaube.

Bei den am Hals bestrahlten Patienten wurde neben den genannten Faktoren noch zusätzlich die Größe des Nutzstrahlenkegels von 8×10 auf 6×8 cm reduziert. Hierbei zeigt sich, daß eine solche Flächenverringering in cm^2 um 40% keineswegs zu einer deutlichen Herabsetzung der Gonadendosis führt, eine Tatsache, die noch einmal auf die Bedeutung von Streustrahlen hinweist, welche unabhängig vom Nutzstrahlenkegel an die Gonaden gelangen.

Bestrahlungsregion Position des Patienten Größe des Bestrahlungsfeldes	Abstand: Nutzstrahlenkegel - Gonaden	Abstand: Röhrenhaube - Gonaden		
Hals im Liegen 8 x 10 cm	40 - 60 cm	16, 5 /10	14, 1 /26	12, 7 /10
	61 - 80 cm	12, 4 /10	11, 8 /21	7, 3 /34

Tabelle 5

Analoge Messungen zu Tabelle 4 bei Röntgenbestrahlung der Halsregion liegender Patienten mit einer Bestrahlungsfeldgröße von 8 x 10 cm.

Bestrahlungsregion Position des Patienten Größe des Bestrahlungsfeldes	Abstand: Nutzstrahlenkegel - Gonaden	Abstand: Röhrenhaube - Gonaden		
Hals im Liegen 6 x 8 cm	40 - 60 cm	14, 4 /28	13, 1 /69	12, 5 /10
	61 - 80 cm	12, 0 /10	10, 6 /60	6, 9 /23

Tabelle 6

Analoge Messungen zu Tabelle 4 bei Röntgenbestrahlung der Halsregion liegender Patienten mit einer Bestrahlungsfeldgröße von 6 x 8 cm.



Abbildung 3 und 4: Abstand zwischen Röhrenhaube und Gonaden im Liegen oder im Sitzen: Deutliche Verringerung des Abstandes beim sitzenden Patienten.

Ad 3)

Bestrahlungsregion Position des Patienten Größe des Bestr. Feldes	Abstand: Nutzstrahlenkegel - Gon.	Abstand: Röhrenhaube-Gonaden	
		30-50 cm	51-70 cm
Kopf im Liegen 6 x 8 cm	50 - 70 cm	12,1 _{/25}	9,1 _{/15}
	71 - 90 cm	7,0 _{/10}	5,6 _{/12}

Tabelle 7

Analoge Messungen zu Tabelle 4. Röntgenbestrahlung der Kopfregion bei liegenden Patienten.

Bei der Kopfbestrahlung haben wir niedrigere Werte gemessen, nämlich einen Durchschnittswert von 9,2 mr pro 100 r OD. Daraus ergibt sich bei der Tumortherapieserie von 4000 r OD eine Gonadendosis von 368 mr. Insgesamt wurde bei 64 Patienten gemessen. Auch hierbei zeigt sich, wie Tabelle 7 veranschaulicht, eine Zunahme der Gonadendosis mit kleiner werdendem Abstand zum Nutzstrahlenkegel und zur Röntgenhaube.

Stellt man den genannten Gruppen der im Liegen bestrahlten Patienten nunmehr eine Reihe von Kranken gegenüber, bei welchen die Bestrahlung im Sitzen zwangsläufig zu einer erheblichen Verringerung des Abstandes zwischen Gonaden und Röhrenhaube führte (vergl. Abb. 3 u. 4), so zeigt sich hierbei, daß bei den bei insgesamt 62 Patienten gemessenen Submandibularfeldern nun plötzlich Gonadendosen auftreten, welche ein Mehrfaches der am liegenden Patienten gefundenen Werte betragen.

Ad 4)

Bestrahlungsregion Position des Patienten Größe des Bestr. Feldes	Abstand: Nutzstrahlenkegel - Gon.	Abstand: Röhrenhaube-Gonaden	
		10-30 cm	31-50 cm
Submandibularfelder im Sitzen 6 x 8 cm	20 - 40 cm	91,2 _{/11}	78,8 _{/10}
	41 - 60 cm	65,2 _{/15}	56,5 _{/26}

Tabelle 8

Analoge Messungen zu Tabelle 4 bei Röntgenbestrahlung der Submandibularregion. Im Gegensatz zu Tabelle 4-7 handelt es sich hier um sitzend bestrahlte Patienten.

Wenn wir die in Tabelle 8 gefundenen Werte zugrunde legen, dann errechnen sich für eine übliche Tiefentherapieserie von 4000 r OD Gonadendosen in der Größenordnung von 2000 - 4000 mr. Da bei der Tiefentherapie gewöhnlich die Kreuzfeuermethode, d.h. Mehrfeldbestrahlung angewendet werden muß, ergeben sich hierbei Dosen an den Gonaden, die in den Bereich der Mutationsverdoppelungsdosis fallen können und über der höchstzulässigen Jahresdosis eines beruflich Strahlenexponierten liegen.

Die vitale Indikation zur Strahlenbehandlung und der angestrebte lebenserhaltende Therapie-Erfolg rechtfertigen in jedem Falle eine Strahlenexposition der Gonaden, soweit sie nicht vermeidbar ist; dessen ungeachtet aber stellt sich uns nun zwangsläufig die Frage, ob jene von uns gefundenen Gonadendosen tatsächlich unvermeidlich sind, oder ob sich Möglichkeiten einer Senkung der Gonadendosis finden lassen. Am nächsten liegt die Frage, ob es möglich ist, durch die in der Röntgenologie üblichen Bleigummiplatten einen Teil der Strahlung abzufangen, wobei im Hinblick auf die durchdringungsfähigere Strahlung in der Röntgentherapie dickere Schutzplatten zu verwenden sind, als sie in der Diagnostik gebräuchlich sind.

Bestrahlungsregion Position des Patienten	Gonadendosis in mr pro 100 r OD	
	Gemessen <u>oberhalb</u> einer Bleigummiplatte mit 1,5 mm Pb- Gleichwert	Gemessen <u>unterhalb</u> einer Bleigummiplatte mit 1,5 mm Pb- Gleichwert
Submandibularfelder im Sitzen	64,9	12,14
Kopf im Liegen	9,1	1,84
Hals im Liegen	10,34	2,25
Thorax im Liegen	15,05	3,32

Tabelle 9

Schutzeffekt durch Abdeckung der Gonadenregion mit Bleigummiplatten von 1,5 mm Bleigleichwert, Mittelwerte von je 25 Patienten unserer verschiedenen Bestrahlungsgruppen:

Senkung der Gonadendosis auf etwa $1/5$ des Wertes ohne Bleigummiabdeckung.

In Tabelle 9 wurden deshalb während derselben Bestrahlung Messungen in der Gonadenregion durchgeführt, einmal oberhalb und einmal unterhalb einer Bleigummiplatte mit 1,5 mm Bleigleichwert. Die Gegenüberstellung der gefundenen Werte läßt eindeutig die Möglichkeit einer Dosisminderung durch Abdeckung der Gonadenregion erkennen. Durch unsere 1,5 mm Bleigleichwert entsprechenden Bleigummiplatten wurde die Gonadendosis auf etwa $1/5$ des vorherigen Wertes reduziert, ein Effekt, der im Hinblick auf die strenge Forderung der Strahlengenetik, jedes Milliröntgen Gonadendosis, wenn irgend möglich, einzusparen, sehr beachtenswert erscheint und zu berücksichtigen ist. Unsere Meßergebnisse zwingen uns dazu, Röntgentiefenbestrahlungen im Sitzen nach Möglichkeit zu vermeiden. Zwingt uns aber die Tumorage hierzu, so muß die Gonadenregion durch dicke Bleigummiauflagen abgedeckt werden.

Vergleicht man unsere Meßergebnisse zunächst mit den Phantom-Messungen von HELLRIEGEL und den vereinzelten Meßergebnissen von FUCHS, dann zeigt sich übereinstimmend eine Abnahme der Gonadendosis mit zunehmender Entfernung zum Nutzstrahlenkegel.

Im Gegensatz zu den beiden Autoren fielen bei unseren Messungen beim Vergleich der Bestrahlungsfelder 6×8 und 8×10 cm die Feldgrößen nicht wesentlich ins Gewicht.

Auf Grund dieser Ergebnisse müssen wir annehmen, daß bei uns die unabhängig vom Nutzstrahlenkegel an die Gonaden gelangende äußere Streustrahlung den Hauptbelastungsfaktor darstellt.

Was bisher in der Literatur noch nicht genügend beachtet erscheint, ist die Bedeutung des Abstandes zwischen den Gonaden und der Röhrenhaube. Unseres Wissens hat bisher nur LORENZ (9) auf diesen wichtigen Punkt hingewiesen.

Nach unseren Messungen kommt diesem Faktor eine mindestens ebenso große Bedeutung zu, wie dem bisher fast ausschließlich beachteten Abstand zwischen Gonadenregion und Nutzstrahlenkegel. Bei der Strahlenapplikation im Sitzen überwiegt sogar die Bedeutung des Gonaden-Röhrenhauben-Abstandes.

Neben der Beachtung des Gonaden-Röhrenhauben-Abstandes zeigen unsere Untersuchungen auch die Möglichkeit, die Gonadendosis beim Mann durch eine Bleigummiabdeckung erheblich zu verringern. Hierbei sind die in der Röntgendiagnostik üblichen Bleischürzen mit einem Bleigleichwert von 0,2 - 0,5 mm in Anbetracht der viel härteren Therapiestrahlung nicht ausreichend.

Die Härte der Strahlung begrenzt verständlicherweise die Schutzmöglichkeit, so daß schließlich bei der perkutanen Strahlentherapie mit Gammastrahlern - wie eingangs die Ergebnisse von LÖSSL demonstrierten - nur noch der Abstand zwischen der Strahlenquelle und den Gonaden entscheidet und eine Schutzmöglichkeit nur durch Verwendung weicherer Strahler, nicht aber durch Bleigummiabdeckung erzielt werden kann.

Im Rahmen der Gesamtdiskussion strahlengenetischer Probleme bei der medizinischen Anwendung energiereicher Strahlen liegt im Hinblick auf die Gesamtbevölkerung das Schwergewicht bei der Vielzahl röntgendiagnostischer Maßnahmen. Darauf ist von zahlreichen Autoren mit Nachdruck hingewiesen worden (LOSSEN (10), JANKER (6), OSBORN u. Mitarb. (15), OESER (14), LAUGHLIN (8), SEELENTAG u. Mitarb. (18-20), LARSSON (7) und HARTUNG (4)), und ihre Forderungen können nicht ernst genug genommen werden. Darüber hinaus aber zeigen unsere Messungen, daß für den einzelnen Krebskranken, der einer Strahlentherapie zugeführt wird, mitunter unbeabsichtigt erhebliche Gonadendosen erwachsen.

Für diesen Patientenkreis sowie für jegliche Röntgentherapie gutartiger Erkrankungen (z. B. chronischer Entzündungen) lassen unsere Messungen folgende Forderungen erheben:

- 1.) Richtung des Nutzstrahlenkegels nach Möglichkeit weg von der Gonadenregion.
- 2.) Bei der Kippung der Röhre die Röhrenhaube nicht zu nahe an die Gonaden bringen.
- 3.) Bestrahlungen im Sitzen nur in Ausnahmefällen und stets unter Abdeckung der Gonadenregion und
- 4.) grundsätzliche Abdeckung der Gonadenregion bei jeder Röntgentherapie noch generationsfähiger Patienten.

Unter Beachtung dieser Regeln läßt sich in der Röntgentiefentherapie gonadenfern liegender maligner Tumoren die Gonadendosis beim Mann pro 4000 r Oberflächendosis in der Größenordnung unter 1000 mr (1 r) halten, während bei Nichtbeachtung dieser Strahlenschutz-Regeln Gonadendosen zu befürchten sind, die, wie unsere Messungen demonstrieren, ein Vielfaches jenes Wertes betragen können.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) CARTER, T. C. : Radiation induced gene mutation in adult female and foetal male mice;
Brit.J. Radiol. 31 (1958), 407-411
- 2) FRITZ-NIGGLI, H. : Strahlenbiologie; Thieme, Stuttgart 1959
- 3) FUCHS, G. : Röntgentherapie und Röntgenschäden;
Urban und Schwarzenberg 1957
- 4) HARTUNG, K. : Strahlenbelastung und Strahlenschutz in der pädiatrischen Röntgendiagnostik;
Thieme, Stuttgart 1959
- 5) HELLRIEGEL, W. : Die Verteilung der Streustrahlendosis im Körper bei der Röntgenbestrahlung;
Strahlentherapie 100 (1956), 153-164
- 6) JANKER, R. : Strahlendosen in der Röntgendiagnostik;
Röntgenblätter 9 (1956), 137-152
- 7) LARSSON, L. E. : Radiation doses to the gonads of patients in Swedish roentgendiagnosics;
Acta radiol. Suppl. 157 (1958)
- 8) LAUGHLIN, J. S., M. L. MEURK, J. PULLMAN u. R. S. SHERMAN: Bone, skin and gonade doses in routine diagnostic procedures;
Amer.J. Roentgenol. 78 (1957), 961-982
- 9) LORENZ, W. : Physikalisch-technische Probleme des Strahlenschutzes in medizinischen Anlagen;
Fortschr. Röntgenstr. 88 (1958), 251-276
- 10) LOSSEN, H. : Schutz des Patienten gegen Überbelastung mit Röntgenstrahlen;
Ärztl. Mittlgn. 42 (1957), 1-10
- 11) LÖSSL, H. J. : Über die Strahlenbelastung der Gonaden bei diagnostischer und therapeutischer Anwendung ionisierender Strahlen;
Strahlentherapie 103 (1957), 614-619

- 12) MARQUARDT, H. : Die Beurteilung genetischer Schäden durch Strahlenquellen innerhalb und außerhalb des Organismus; Bull. d. Schweiz. Akad. d. Med. Wissenschaften 14 (1958), 521-549
- 13) NEEL, J. V. : The delayed effects of ionizing radiation; J. Amer. Med. Ass. 166 (1958), 908-916
- 14) OESER, H. : Strahlenschutz und Prophylaxe von Strahlenschädigungen; Dtsch. Med. J. 8 (1957), 350
- 15) OSBORN, S. B. and E. E. SMITH: The genetically significant radiation dose from the diagnostic use of x-rays in England and Wales; A preliminary survey; Lancet 1956, 1 S. 949
- 16) RUSSELL, W. L. : Comparison of x-rays-induced mutation rates in Drosophila and mice; Americ. Naturalist 90 (1956), 69-80
- 17) SCHULL, W. J. : A geneticist looks at the radiation hazard; Radiol. 72 (1959), 522-528
- 18) SEELENTAG, W. : Messungen der Gonadendosis in der Röntgendiagnostik; Atomenergie 2 (1957), 102
- 19) SEELENTAG, W., D. von ARNIM, E. KLOTZ u. J. NUMBERGER: Zur Frage der genetischen Belastung der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin; II. Teil: Messungen über die bei röntgendiagnostischen Untersuchungen an die Gonaden gelangenden Dosen; Strahlentherapie 105 (1958) 169-195
- 20) SEELENTAG, W., J. NUMBERGER, D. KNORR u. G. KOLBERG: IV. Teil: Die Strahlenbelastung durch die Röntgendiagnostik in Kinderkliniken; Strahlentherapie 107 (1958) 537-555
- 21) WESTERGAARD, M. : Die Erbanlagen des Menschen und seine Verantwortung; Med. Klin. 52 (1957), 274-283

Zum Schluß ist es mir ein Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. med. H. LOSSEN für die freundliche Überlassung des Themas sowie für die wertvollen Anregungen und Herrn Priv. Doz. Dr. med. W. LORENZ für seine stete Hilfsbereitschaft bei allen bei der Abfassung der Arbeit entstandenen Problemen herzlich zu danken. Gerade als Ausländer weiß ich diese Hilfe zu würdigen.

LEBENS LAUF

Am 3.7.1933 wurde ich in Arak/Iran geboren. Von 1940 - 1947 besuchte ich dort die Vorschule, danach besuchte ich, ebenfalls in Arak, die Oberrealschule und bestand dort das erste Abitur.

Von 1951 - 1952 absolvierte ich eine Oberrealschule in Teheran, wo ich auch die Reifeprüfung (2. Abitur) ablegte.

1953 kam ich zum Medizinstudium nach Deutschland. Vor dem Prüfungsausschuß der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz bestand ich am 28.7.1955 die ärztliche Vorprüfung mit der Note "befriedigend" und am 28.4.1959 das medizinische Staatsexamen mit der Note "gut".

GESAMTHERSTELLUNG:
DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstraße 64-66

